



# Явления, связанные с суточным вращением небесной сферы

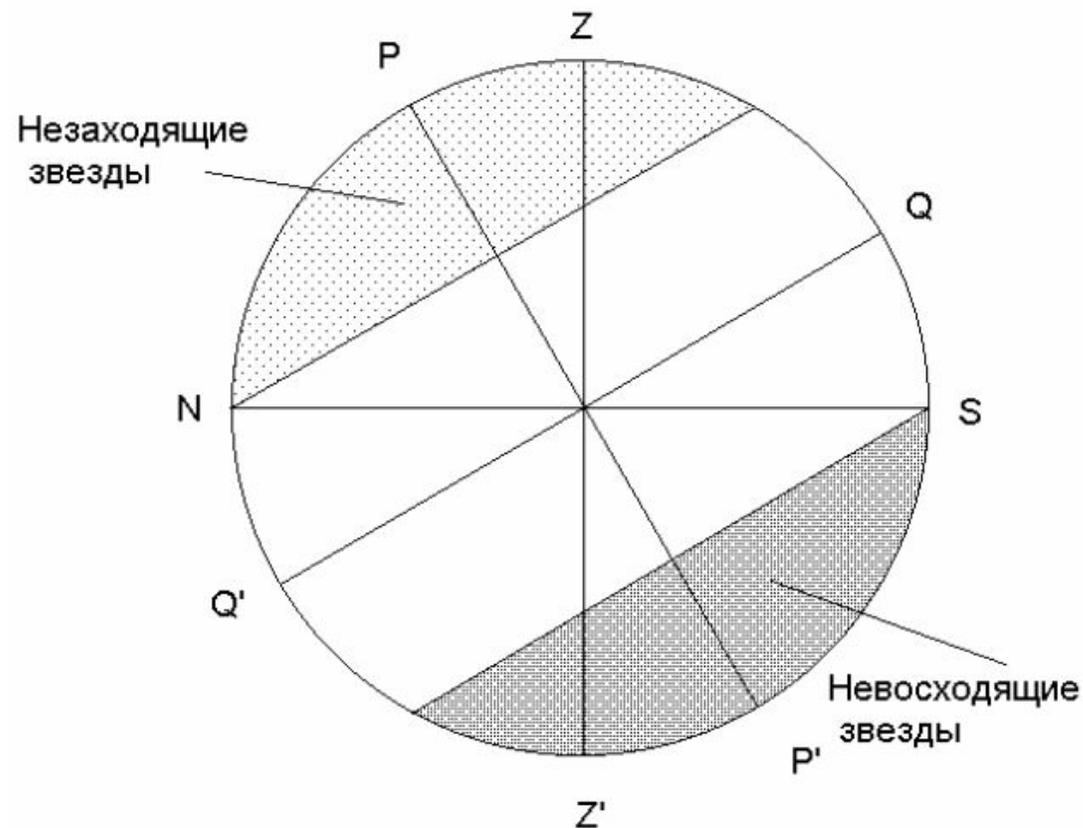
Из-за суточного вращения небесной сферы светила описывают круги, плоскости которых параллельны плоскости небесного экватора, т.е. они движутся по суточным параллелям.

Точка пересечения суточной параллели светила и восточной части горизонта - **точка восхода** светила.

Точка пересечения с западной частью горизонта - **точка захода** светила.

Явление пересечения светилом небесного меридиана называется **кульминацией** светила.

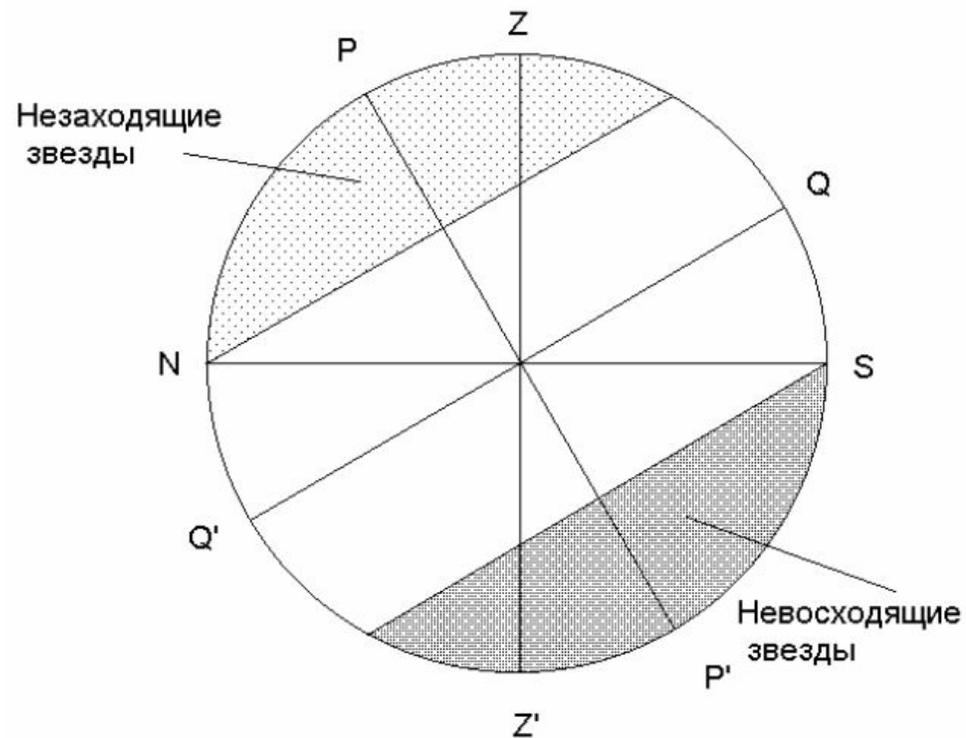
Кульминация называется **верхней**, если светило пересекает  $PZQSP'$ , в которой находится точка зенита  $Z$ , и **нижней**, если светило пересекает  $PNQ'Z'P'$ ,



## Явления, связанные с суточным вращением небесной

сферы. Когда звезда кульминация происходит над горизонтом ( $h > 0$ ), такое светило называется незаходящим, а если даже во время верхней кульминации светило находится под горизонтом ( $h < 0$ ), то оно называется невосходящим.

Принадлежность светила к той или иной группе определяется его склонением и широтой места наблюдения



# Изменение координат светил при суточном

Движении

Для звезд со склонением  $\delta$ :

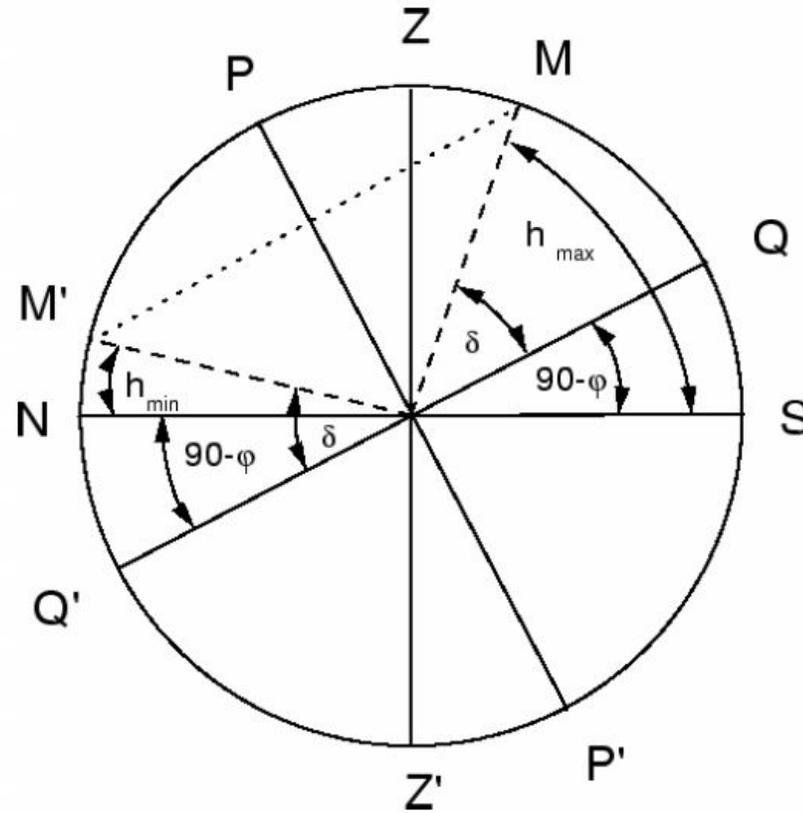
Верхняя кульминация:  
 $Z = \phi - \delta$

$h_{\max} = \delta + (90^\circ - \phi)$

Нижняя кульминация:

$Z = 180^\circ - \delta - \phi$

$h_{\min} = \delta - (90^\circ - \phi)$



Для звезд со склонением  $\delta$ :

Верхняя кульминация:

$Z = \delta - \phi$

$h_{\max} = 90^\circ - \delta + \phi$

Нижняя кульминация:

$Z = 180^\circ - \delta - \phi$

$h_{\min} = \delta - (90^\circ - \phi)$

**условия видимости**

**святил:**

$\delta \geq (90^\circ - \phi)$

$\delta \leq -(90^\circ - \phi)$

$|\delta| < (90^\circ - \phi)$

# Астрономическая

## рефракция

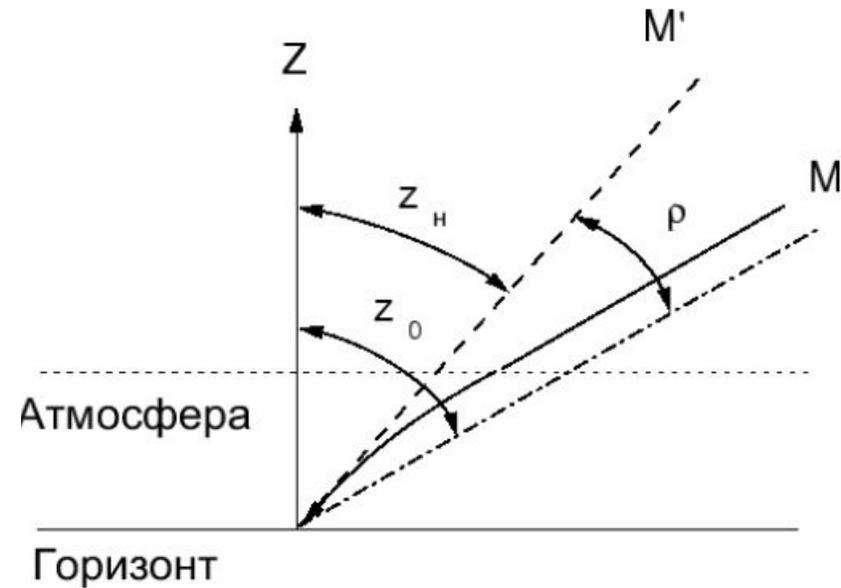
Явление преломления лучей света при прохождении границы раздела двух сред с различными коэффициентами преломления называется **рефракцией**.

Точно так же преломляются световые лучи, попадая из безвоздушного космического пространства в атмосферу Земли.

Таким образом, астрономической рефракцией называется отклонение светового луча в атмосфере от своего первоначального направления по законам

$$z_H = z_0 - \rho,$$

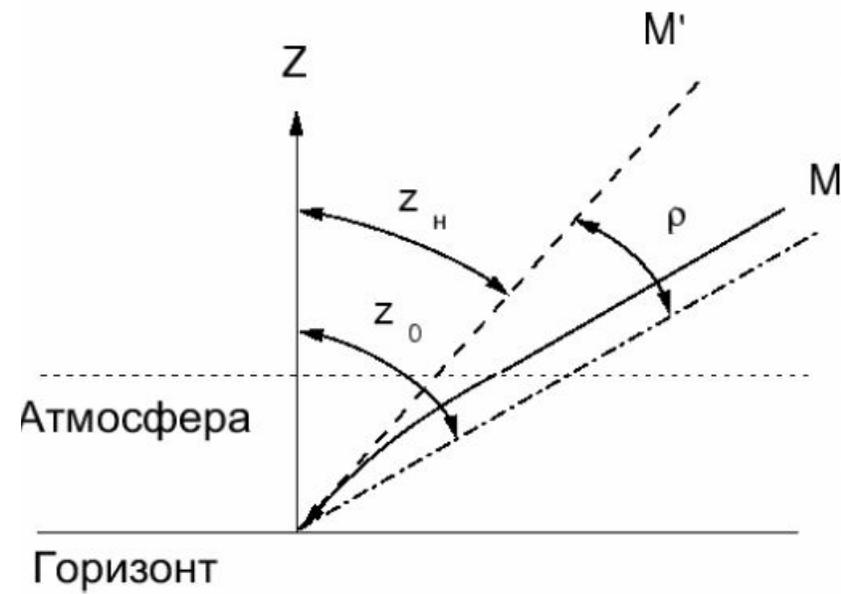
$$h_H = h_0 + \rho$$



Отклонение всегда происходит в сторону зенита, т.е. рефракция всегда поднимает звезду над горизонтом. Поэтому наблюдаемое зенитное расстояние  $z_H$  всегда меньше истинного  $z_0$ , а наблюдаемая высота  $h_H$  всегда больше истинной  $h_0$ , на величину угла преломления  $\rho$ , которую мы в дальнейшем для краткости будем называть

# Астрономическая рефракция

В зените рефракция равна нулю ( $\rho=0$ ), затем растет линейно с увеличением  $\text{tg } z$ :  $\rho=58,2'' \cdot \text{tg}(z)$  до  $z=70^\circ$ . На больших зенитных расстояниях начинает сказываться сферичность атмосферы Земли и рефракция увеличивается медленнее. На горизонте рефракция максимальна, и равна  $35'$ . Величина рефракции не является постоянной и зависит от температуры и плотности воздуха и некоторых других факторов.



# Движение Земли вокруг

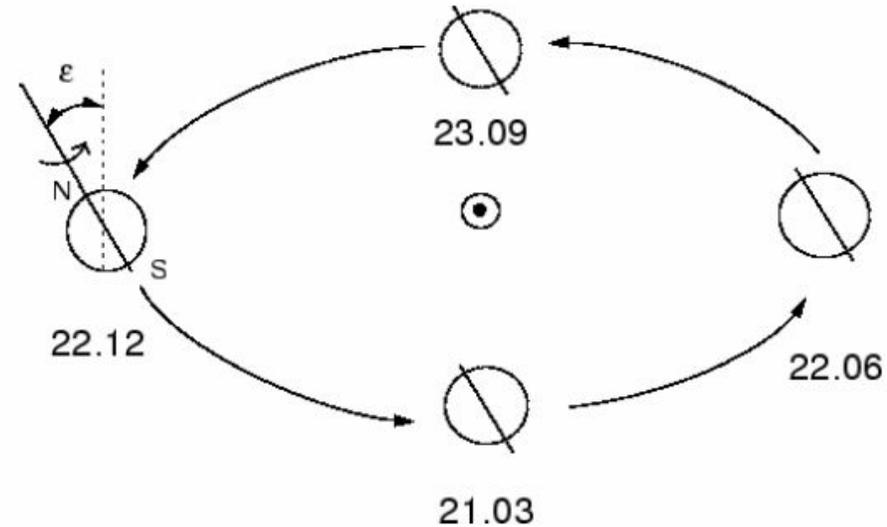
## Солнца

Как известно, Земля обращается по своей орбите вокруг Солнца.

Такое годовое движение Земли вокруг Солнца заметно в виде годового перемещения Солнца на фоне звезд.

Путь Солнца среди звезд является большим кругом небесной сферы и называется эклиптической, поэтому плоскость орбиты Земли называют еще плоскостью эклиптики.

Ось вращения Земли не перпендикулярна плоскости эклиптики, а отклоняется от перпендикуляра на угол  $\epsilon$  –



Линия пересечения плоскости земного экватора и плоскости эклиптики сохраняет неизменное положение в пространстве. Один ее конец указывает на точку весеннего равноденствия, другой - точку осеннего равноденствия.

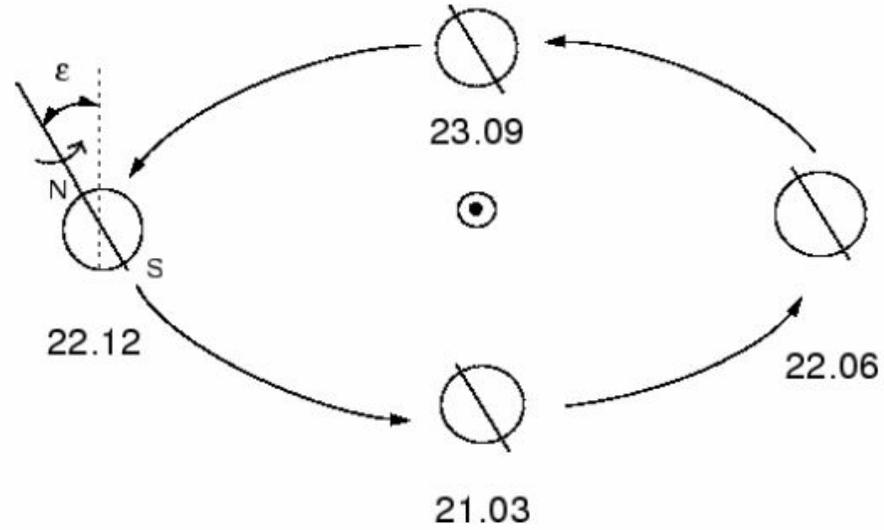
# Движение Земли вокруг

Солнца

Вблизи 21 марта и 23 сентября Земля расположена относительно Солнца таким образом, что граница света и тени на поверхности Земли проходит через полюса.

Ровно половину суток каждая точка на Земле будет на освещенной части земного шара, а вторую половину - на затененной.

Таким образом, в эти даты день равен ночи, и они называются соответственно днями весеннего и осеннего равноденствий.



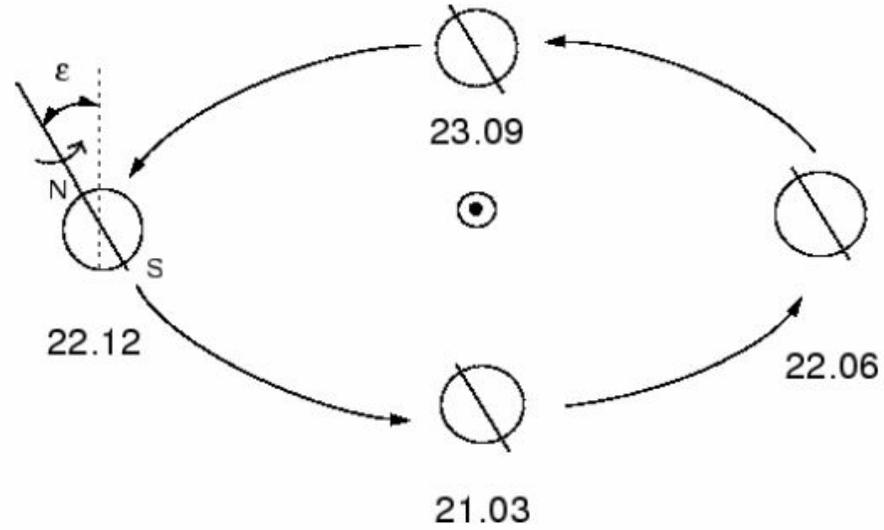
Земля в это время находится на линии пересечения плоскостей экватора и эклиптики, т.е. в точках весеннего и осеннего равноденствий, соответственно.

# Движение Земли вокруг

## Солнца

Еще две особенные точки на орбите Земли называются точками солнцестояний, а даты, на которые приходится прохождение Земли через эти точки, днями солнцестояний.

В точке летнего солнцестояния, в которой Земля бывает вблизи 22 июня (день летнего солнцестояния), северный полюс Земли направлен в сторону Солнца, и большую часть суток любая точка северного полушария освещена Солнцем, т.е. в эту дату день - самый длинный в году.



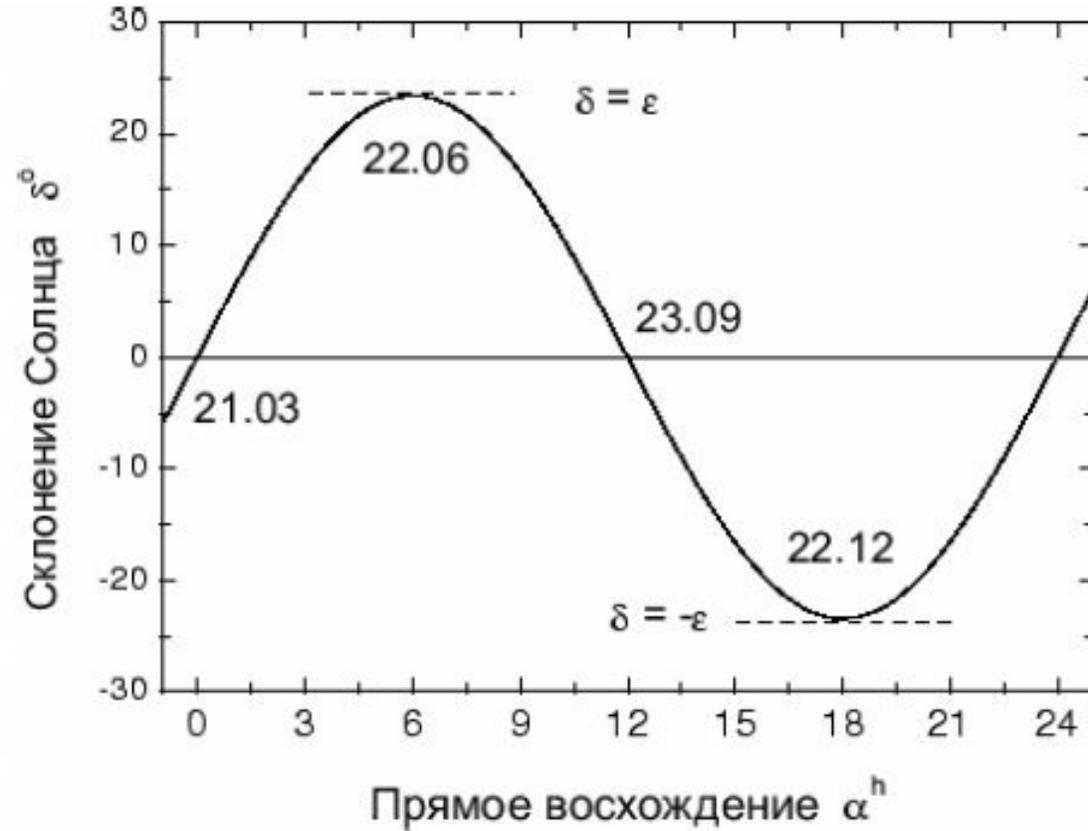
В точке зимнего солнцестояния, в которой Земля бывает вблизи 22 декабря (день зимнего солнцестояния), северный полюс Земли направлен в сторону от Солнца, и большую часть суток любая точка северного полушария находится в тени, т.е. в эту дату ночь - самая длинная в году, а день - самый короткий.

# Видимое годовое движение Солнца

## Солнца

Перейдем от реального движения Земли в пространстве к видимому движению Солнца для наблюдателя, находящегося на широте  $\phi$ .

Как изменяются координаты Солнца в течение года? Прямое восхождение  $\alpha_0$  изменяется от 0 до 24h, а склонение  $\delta_0$  изменяется от  $-\varepsilon$  до  $+\varepsilon$ .



# Видимое годовое движение

## Солнца

Для четырех дней в году мы знаем координаты Солнца точно:

Таблица. Данные о Солнце в дни равноденствий и солнцестояний

Дата	$\delta$	$\alpha$	т. восхода	т. захода	$h_{max}$
21 марта	$0^{\circ} 00'$	$0^h 00^m$	Е	W	$90^{\circ} - \varphi$
22 июня	$23^{\circ} 26'$	$6^h 00^m$	сев.-вост.	сев.-зап.	$90^{\circ} - \varphi + \varepsilon$
23 сентября	$0^{\circ} 00'$	$12^h 00^m$	Е	W	$90^{\circ} - \varphi$
22 декабря	$-23^{\circ} 26'$	$18^h 00^m$	юг.-вост.	юг.-зап.	$90^{\circ} - \varphi - \varepsilon$

# Видимое годовое движение Солнца

В таблице указана также полуденная (в момент верхней кульминации) высота Солнца на эти даты. Для того, чтобы вычислить высоту Солнца в моменты кульминаций на любой другой день года, нам необходимо знать  $\delta_0$  в этот день:

$$h_{\odot}(\text{кульм.}) = \delta_{\odot} \pm (90^{\circ} - \varphi).$$

Суточное изменение  $\alpha =$   
59'.2.

Склонение быстрее всего изменяется вблизи равноденствий, примерно  $0,4^{\circ}$  в сутки в течение 30 дней до и в течение 30 дней после равноденствия. Медленнее всего изменения склонения Солнца происходят вблизи солнцестояний: в сутки  $0,1^{\circ}$  в течение 30d до и в течение 30d после солнцестояния. В промежутках скорость изменения склонения Солнца приблизительно  $0,3^{\circ}$  в сутки.

## Суточное движение Солнца на северном

полюсе.

Широта северного полюса Земли равна  $90^\circ$ , а следовательно, отвесная линия совпадает там с осью мира, а экватор - с горизонтом. Значит, в каждый день года Солнце описывает на небосводе круги, приблизительно параллельные горизонту, на высоте, равной склонению Солнца в этот день.

С каждым днем Солнце все увеличивает свою высоту над горизонтом, и достигает максимальной высоты 22 июня.

После этой даты высота Солнца вновь начинает уменьшаться, и вблизи 23 сентября Солнце вновь оказывается на горизонте.

В последующие дни Солнце оказывается под горизонтом и не появляется почти до дня весеннего равноденствия. Таким образом, чуть больше полугода Солнце находится над горизонтом (полярный день), а оставшееся время - под горизонтом (полярная ночь). На южном полюсе картина такая же, только полярный день и полярная ночь меняются местами, т.е. когда на северном полюсе полярный день, на южном - полярная ночь, и наоборот.

# Суточное движение Солнца на северном

## полюсе.

Полярные дни и ночи бывают не только на полюсах, но и на других, достаточно высоких широтах, только продолжительность их меньше.

Теоретическими границами географических широт, на которых бывают полярные дни и ночи, являются северный полярный круг  $\phi=66^{\circ}34'$  и южный полярный круг  $\phi=-66^{\circ}34'$ .

Т.е. если бы Солнце было точкой и не было бы атмосферной рефракции, то на этих широтах раз в году Солнце в течение суток не заходило бы за горизонт, и в течении суток не показывалось бы над горизонтом.

Из-за влияния рефракции и конечных размеров Солнца полярные дни бывают на широтах до  $\phi=65^{\circ}42'$ , а полярные ночи лишь до широт  $\phi=67^{\circ}24'$ .

Т.е. за начало (и окончание) полярного дня мы будем брать дату, на которую наблюдаемая высота верхнего края Солнца в момент нижней кульминации равна нулю, а за начало (и окончание) полярной ночи дату, на которую наблюдаемая высота верхнего края Солнца в момент верхней кульминации равна нулю.